

干燥方式对高良姜片理化特性的影响

彭芍丹, 黄晓兵, 静 玮, 周 伟, 李积华, 林丽静*

(中国热带农业科学院农产品加工研究所, 广东 湛江 524001)

摘 要: 目的: 探究高良姜片干燥前后理化特性的变化情况, 确定最佳保质干燥方式。方法: 采用色差仪、紫外分光光度仪、高效液相色谱仪、固相微萃取-气相色谱-质谱联用仪考察6种干燥方法对高良姜片色泽、总酚含量、总黄酮含量、高良姜素含量、挥发性成分的影响。结果: 冷冻干燥对总酚、总黄酮和高良姜素的综合保留最大, 分别为总酚(20.95 ± 0.13) mg/g、总黄酮(12.19 ± 0.01) mg/g、高良姜素(11.45 ± 0.03) mg/g, 其次为真空加热干燥、热风干燥、微波干燥、太阳晒干、自然风干; 自然风干和太阳干燥后的挥发性物质峰面积更低, 其他4种干燥方式峰面积统计值差别较小; 微波干燥后色泽最深, 红绿值 a^* 为13.92, 热风干燥次之, 冷冻干燥颜色最浅。结论: 不考虑成本生产高端产品时可选用冷冻干燥; 考虑环保节能时选用太阳能干燥; 一般工业生产建议选用传统热风干燥。

关键词: 高良姜; 干燥方法; 总酚; 总黄酮; 高良姜素; 色泽; 挥发性成分

Effect of Drying Methods on Physicochemical Properties of *Alpinia officinarum* Hance Slices

PENG Shaodan, HUANG Xiaobing, JING Wei, ZHOU Wei, LI Jihua, LIN Lijing*

(Agricultural Products Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China)

Abstract: Objective: To explore the physicochemical properties of fresh and dried galanga (*Alpinia officinarum* Hance) slices, and to further establish a drying method for the maximum retention of bioactives. Methods: The contents of total phenols and flavonoids in galanga slices were determined by a spectrophotometer, galangin was quantitated by high performance liquid chromatography, the volatile components were measured by gas chromatography, and the color was evaluated by a colorimeter. Results: The abilities of different drying methods to retain total phenols, total flavonoids and galangin were in the decreasing order of freeze drying > vacuum drying > hot air drying > microwave drying > sun drying > shade drying. The contents of total phenols, total flavonoids and galangin in freeze-dried samples were (20.95 ± 0.13), (12.19 ± 0.01), and (11.45 ± 0.03) mg/g, respectively. In terms of peak area, volatile components were lower in the shade-dried and sun-dried samples. On the other hand, the four other drying methods differed little from each other. The microwave-dried galanga had the deepest color with a^* value of 13.92, followed by hot air drying, and the color of freeze-dried was the lightest. Conclusion: Freeze drying can be used to produce high-quality products without concern about cost. Sun drying is available for environmental protection and energy saving. The traditional hot air drying is recommended for routine industrial production.

Key words: *Alpinia officinarum* Hance; drying method; total phenols; total flavonoids; galangin; color; volatile components
DOI:10.7506/spkx1002-6630-201701027

中图分类号: TS205.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)01-0165-06

引文格式:

彭芍丹, 黄晓兵, 静玮, 等. 干燥方式对高良姜片理化特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(1): 165-170. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201701027. <http://www.spkx.net.cn>

PENG Shaodan, HUANG Xiaobing, JING Wei, et al. Effect of drying methods on physicochemical properties of *Alpinia officinarum* Hance slices[J]. Food Science, 2017, 38(1): 165-170. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201701027. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-03-16

基金项目: 广东省中央财政农业技术推广项目; 海南省自然科学基金项目(20153054)

作者简介: 彭芍丹(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工与贮藏工程。E-mail: 282387502@qq.com

*通信作者: 林丽静(1978—), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: linlijing3@yahoo.com

高良姜 (*Alpinia officinarum* Hance) 是姜科山姜属植物高良姜的干燥根茎, 主产于广东、海南、福建、云南、台湾等地, 为常用中药之一^[1-2]。据报道高良姜药理活性极强, 其提取物具有抗菌^[3]、抗氧化^[4]、抗吐^[5]、抗癌^[6]、抗消化道溃疡^[7]、抗血栓^[8]、降血脂和胆固醇^[9]、抗胃黏膜损伤^[10]以及减轻支气管炎症^[11]等多种生物活性, 目前除作为世界著名汉药万金油最主要原料外, 还广泛用于食品、化妆品和其他药品等领域中。研究表明高良姜中所含化学成分非常复杂, 国外学者从其中分离的活性成分主要为挥发油、黄酮类和二苯基庚烷类, 其次为糖苷类、甾醇类和苯丙素类^[12-14]等。

高良姜是珍贵的南药资源, 在热带、亚热带均有分布, 但各地区的高良姜产品质量和药效差异较大, 其中以广东徐闻县龙塘镇所产高良姜质量最优, 为道地高良姜^[15]。由于采后高良姜不耐贮藏, 易霉变, 故徐闻地区高良姜多以干制高良姜饮片或粉出口至国外, 因此, 干燥过程中理化特性的变化情况对高良姜的出口品质有着重要的影响。本研究将对比热风、冻干、真空加热、太阳、风干、微波6种干燥方式前后高良姜片总酚、总黄酮、高良姜素、挥发性成分及色差等的变化情况, 找出对高良姜活性成分保存率高、且适用于工业化生产的干燥方式, 以指导高良姜产地初加工及干制品的生产, 进而获得更高品质的高良姜饮片、干燥粉等产品。

1 材料与方法

1.1 原料

实验用高良姜品种为广东省湛江市徐闻县5 a生牛姜, 2015年4月采自湛江市徐闻县龙塘镇高良姜种植地, 采集后清洗尽表面泥土和污渍, 晾干水分, 切成大小均匀厚度为2 cm的薄片待用。

1.2 试剂

高良姜素 (3,5,7-三羟基黄酮, 111699-200602) 中国食品药品检定研究院; Folin-Ciocalteu、儿茶素、没食子酸 美国Sigma-Aldrich公司; 无水甲醇、亚硝酸钠、氯化铝、氢氧化钠、碳酸钠均为分析纯 国药集团化学试剂有限公司; 实验用水为二次蒸馏水。

1.3 仪器与设备

QP-2010 Plus气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 仪、LC-10A高效液相色谱 (high performance liquid chromatography, HPLC) 仪 日本岛津公司; PAL System 三合一自动进样器 瑞士CTC公司; 50/30 μ m DVB/CAR/PDMS固相微萃取 (solid-phase microextraction, SPME) 头 美国Supelco公司; FP115恒温干燥箱 德国宾德公司; 真空干燥箱 上海东麓公司; 微波干燥箱 南京高金公司; HH-4恒温

水浴锅 国华电器有限公司; 752N紫外-可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; ABT220-5DM分析天平 德国Kern公司; 真空冷冻干燥机 美国Sigma公司; DFT-150高速万能粉碎机 上海鼎广公司; MS 3 digital振荡器 德国IKA公司; 冰箱 青岛海尔集团公司。

1.4 方法

1.4.1 干燥工艺

分别将2 kg新鲜高良姜片按照以下6种不同干燥方式进行干燥处理, 以干燥品的水分含量约低于10%时, 为干燥终点。

热风干燥: 干燥温度60 $^{\circ}$ C, 摆盘厚度不超过5 cm, 最高风速下干燥新鲜高良姜片; 真空干燥: 干燥温度60 $^{\circ}$ C, 摆盘厚度不超过5 cm, 真空度0.095 MPa条件下干燥新鲜高良姜片; 微波干燥: 将新鲜高良姜片整齐平铺在微波盘中, 不超过5 cm, 在功率为800 W条件下干燥; 冷冻干燥: 将新鲜高良姜置于冰箱预冻24 h后, 在冷冻干燥机中干燥; 太阳干燥: 将新鲜高良姜片均匀平铺置于太阳下干燥, 厚度不超过5 cm; 自然风干: 将新鲜高良姜片均匀平铺至干燥通风处, 厚度不超过5 cm, 风机开启为最大风速。

1.4.2 含水率测定

按照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[16]测定高良姜干燥前后的水分含量, 并记录。

1.4.3 总黄酮含量测定

参照文献[17]对总黄酮含量进行测定。

1.4.3.1 标准曲线的绘制

准确称取在105 $^{\circ}$ C条件下烘干至恒质量的儿茶素250 mg, 用蒸馏水溶解后转移至50 mL容量瓶中定容, 摇匀, 并从中吸取0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL, 分别置于50 mL容量瓶中定容, 摇匀。分别精确吸取上述溶液1 mL于10 mL容量瓶中, 加水4 mL, 5 g/100 mL亚硝酸钠0.3 mL混匀, 放置5 min后加入10 g/100 mL氯化铝溶液0.3 mL, 摇匀后静置6 min, 加入1 mol/L氢氧化钠溶液。静置5 min后在510 nm波长处测定吸光度, 绘制儿茶素含量 (X/μ g) 与吸光度 (Y) 的曲线: $Y=0.0032X-0.0169$, $R^2=0.9991$ 。

1.4.3.2 样品总黄酮提取及含量测定

准确称取4 g左右粉粹样品3份, 分别于40 mL甲醇中超声浸提1 h, 过滤滤液保存冰箱待用。吸取1.0 mL样品液加入10 mL容量瓶中, 按照上述操作在510 nm波长处测定吸光度, 根据标准曲线计算各样品总黄酮的含量, 此时总黄酮含量以儿茶素表示, 并以干基含量计。

1.4.4 总酚含量测定

参照文献[18]测定总酚含量。

1.4.4.1 标准曲线的绘制

精确称取没食子酸0.5 g, 蒸馏水溶解后转移到

100 mL容量瓶中,定容,摇匀作为母液备用。分别准确吸取母液0、1、2、3、4、5 mL于100 mL容量瓶中,用蒸馏水定容,摇匀。分别吸取上述溶液1 mL于25 mL容量瓶中,然后加入9 mL水和1 mL Folin-Ciocalteu试剂,摇匀;静置6 min后加入7 g/100 mL的碳酸钠溶液10 mL,定容并摇匀后,室温避光放置90 min,最后以空白作为对照在750 nm波长处测定吸光度。根据实验结果,用Excel绘制没食子酸含量($X/\mu\text{g}$)与吸光度(Y)的曲线,并拟合得到二者的回归方程 $Y=0.0045X+0.0126$, $R^2=0.9995$ 。

1.4.4.2 样品多酚提取及含量测定

准确称取4 g左右粉粹样品3份,分别于40 mL甲醇中超声浸提1 h,过滤滤液保存冰箱待用。准确吸取1.0 mL的提取液加入25 mL容量瓶中,按照上述操作在750 nm波长处测定吸光度并根据标准曲线计算各样品总酚的含量,样品中总酚含量以没食子酸表示,并以干基含量计。

1.4.5 HPLC测定高良姜素含量

参考文献[19]测定高良姜素含量。

1.4.5.1 色谱条件

采用LC-20A型高效液相色谱仪测定高良姜素含量。色谱柱为ODS- C_{18} (4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μm),流动相为甲醇-水溶液,体积流量1 mL/min,柱温为30 $^{\circ}\text{C}$,检测波长为266 nm。

1.4.5.2 对照品溶液的制备

参考2010版《中华人民共和国药典》^[1]精密称取高良姜素对照品适量,加甲醇制成每1 mL含40 μg 的溶液,即得。

1.4.5.3 样品溶液的制备

取样品粉末0.2 g,精确称定,置具塞锥形瓶中,精确加入甲醇50 mL,密塞,称定质量,加热回流1 h,放冷,再称定质量,用甲醇补足减失的质量,摇匀,滤过,取续滤液,即得。最终高良姜素含量结果均换算为干基含量。

1.4.6 SPME-GC-MS测定高良姜挥发性成分

参考文献[20]测定高良姜挥发性成分。由于检测过程未添加标准品进行定量,峰面积仅作为各物质相对含量的参考值,并不是最终的定量结果。

1.4.6.1 SPME条件

将萃取头设置于三合一自动进样器的加热单元,250 $^{\circ}\text{C}$ 老化1 h。准确称取处理好的高良姜样品0.5 g于20 mL顶空样品瓶内。样品在固相动态萃取单元下于70 $^{\circ}\text{C}$ 条件下平衡10 min,然后萃取头置于样品瓶内顶空内萃取20 min,转速250 r/min。萃取结束后直接接入GC-MS进样口,解吸温度250 $^{\circ}\text{C}$,时间5 min。

1.4.6.2 GC条件

色谱柱为HP-5MS毛细管柱(65 μm , PDMS/DVB);升温程序:起始温度60 $^{\circ}\text{C}$,以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率

升至240 $^{\circ}\text{C}$;载气(He)流速1.2 mL/min,不分流进样,进样口温度250 $^{\circ}\text{C}$,进样时间:1 min。

1.4.6.3 MS条件

电子轰击(electron impact ion source, EI)离子源:电子能量70 eV;接口温度250 $^{\circ}\text{C}$,离子源温度230 $^{\circ}\text{C}$;质量扫描(Scan)范围40~350 u。

1.4.6.4 定性分析

采用NIST 14和Wiley 9.0质谱数据库检索进行定性分析。

1.5 数据分析

实验数据经Excel 2010初步分析整理后,采用IBM SPSS Statistics 19分析软件进行方差分析(analysis of variance, ANOVA)和邓肯多重比较法(Duncan's multiple range test)在 $P=0.05$ 的水平下进行检验,数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。实验中最终物质含量结果均换算为干基含量。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方式高良姜片含水率

表1 不同干燥方式高良姜片含水率和干燥效率比较($\bar{x}\pm s$, $n=3$)
Table 1 Comparison of moisture contents in dried galanga slices and drying efficiencies of different drying methods ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

干燥方式	干燥条件	含水率/%
热风	60 $^{\circ}\text{C}$, 36 h	11.69 $\pm$ 0.01 ^b
真空	60 $^{\circ}\text{C}$, 0.095 MPa, 36 h	11.15 $\pm$ 0.05 ^e
微波	800 W, 20 min+20 min+20 min	10.28 $\pm$ 0.13 ^d
太阳	太阳下干燥, 40 h	9.07 $\pm$ 0.05 ^f
风干	室温, 56 h	9.55 $\pm$ 0.26 ^e
冷冻	-85 $^{\circ}\text{C}$, 预冻24 h+干燥36 h	5.59 $\pm$ 0.09 ^g
新鲜	不处理	80.68 $\pm$ 0.39 ^a

注:同一列肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

不同干燥方式高良姜片干燥时间和干燥后含水率的结果见表1。实验中采用了6种干燥方法干燥同等质量2 kg的高良姜片,由于干燥设备的性能和装载量等都不相同,效率也不尽相同,干燥终点的水分含量无法控制完全一致,保持在10%左右即可。根据表中结果分析可得,未干燥前新鲜高良姜片水分含量为80.68%,微波干燥用时最短,但干燥过程剧烈较难控制,物料较多时易因物料局部温度过高而产生焦糊的现象,因此为了得到更好的干燥效果,宜采取分段干燥的模式;自然风干法采用风力设备进行风干,温度为室温,虽减少了人力成本但干燥耗时较长,所需干燥面积大,不适用工业生产;冷冻干燥需首先进行预冻,利用较高真空下将冰升华转变为蒸气而除去的原理进行干燥,所需设备要求较高,工业生产成本较大,且装载量有限,不适宜扩大生产,可考虑在高附加值的产品上应用,从表1中结果比较同样可知,预冻加上后期冻干的整个过程耗时也比较长,耗能较高;太阳干燥法装载量大、零耗能、低污

染,但易受到天气影响,有条件建立太阳能干燥房的情况下可考虑采用此干燥方法;热风干燥是指在烘箱或烘干室内吹入热风使空气流动加快的一种干燥方法,生产能力较大、操作方便,本实验中干燥2 kg高良姜片耗时36 h,在生产中不同的设备及装载量耗时和耗能都不相同。

2.2 不同干燥方式高良姜总酚、总黄酮和高良姜素含量

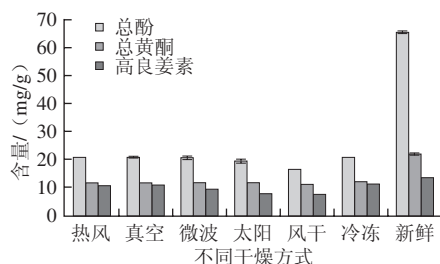


图1 不同干燥方式高良姜片总酚、总黄酮和高良姜素含量的比较

Fig. 1 Contents of total phenols, total flavonoids and galangin in galanga slices dried by different drying methods

由图1可知,新鲜高良姜总酚含量为 (65.71 ± 0.47) mg/g,总黄酮含量为 (22.06 ± 0.12) mg/g,高良姜素含量为 (13.73 ± 0.12) mg/g,6种干燥过程对总酚和总黄酮的损失较大,对高良姜素的损失较小。其中冷冻干燥综合损失最小,总酚含量为 (20.95 ± 0.13) mg/g,总黄酮含量为 (12.19 ± 0.01) mg/g,高良姜素含量为 (11.45 ± 0.03) mg/g;其次为真空干燥总酚含量为 (21.03 ± 0.17) mg/g,总黄酮含量为 (11.95 ± 0.01) mg/g,高良姜素含量为 (11.00 ± 0.05) mg/g;热风干燥总酚含量为 (21.01 ± 0.05) mg/g,总黄酮含量为 (11.88 ± 0.01) mg/g,高良姜素含量为 (10.86 ± 0.01) mg/g;微波总酚含量为 (20.66 ± 0.55) mg/g,总黄酮含量为 (11.91 ± 0.02) mg/g,高良姜素含量为 (9.64 ± 0.03) mg/g;太阳干燥和自然风干成分损失较大。

分析以上结果可知,新鲜高良姜的活性成分维持在较高的水平,不同干燥方法对活性物质均有一定影响,影响力大小呈现以下趋势,即干燥后综合活性物质含量由低到高排列:自然风干<太阳晒干<微波干燥<热风干燥<真空加热干燥<冷冻干燥。结合表1共同分析,冷冻干燥过程一直处于低温状态,对活性物质影响较小。真空和加热干燥相比都是采用60℃,但物料水分较多时抽真空并没有对物料的干燥效率产生明显的促进作用,都耗费36 h左右,活性物质的含量值上也差别不大,同等条件下比较真空干燥的耗能更大,所以热风干燥更有优势。微波干燥虽效率最高,但干燥时局部温度较高难以控制,内部反应剧烈活性物质的损失属于中等水平。太阳晒干和自然风干都属于低耗能或无耗能干燥,但暴露在空气下

的时间长达48~56 h,可能由于长时间处在空气中暴露和氧化的过程导致太阳干燥和自然风干的活性物质含量值最低。对比Sun Yujing等^[21]的研究也有类似的结果。

分析3种高良姜活性物质含量值在干燥前后的变化结果可看出,总酚和总黄酮含量差别大,此两类物质中部分物质对温度和空气较敏感,在干燥过程中易因加热或长期放置而损失。而高良姜素冷冻、热风、真空、微波干燥前后含量差别较小,说明其对温度变化则较稳定,而太阳和自然风干后含量变化较大,说明其易在空气中发生氧化而导致其含量降低。对比文献[22-23]可知,这是与总酚、总黄酮和高良姜素的物理化学性质密切相关的。

2.3 不同干燥方式高良姜片色泽比较

表2 不同干燥方式高良姜片色泽的比较

Table 2 Color comparison of galanga slices dried by different drying methods

干燥样品	色泽参数				
	L*明亮值	a*红绿值	b*黄蓝值	c*饱和值	h ₀ 色调角
冷冻片	66.93	9.57	29.74	31.24	72.17
自然片	68.89	10.14	28.03	29.81	70.12
微波片	54.51	13.92	29.45	32.58	64.71
太阳片	63.75	12.16	30.06	32.43	67.97
真空片	64.10	10.17	26.15	28.06	68.74
热风片	60.95	12.32	29.13	31.62	67.07
新鲜片	52.87	9.99	48.06	49.09	78.26

由表2可知,6种干燥方式的高良姜片亮度值L*较干燥前均有不同程度的增加,其中自然风干的亮度值最大,新鲜高良姜的亮度值最小,其原因是新鲜高良姜水分含量最高,因此相对于干制品会表现出较鲜亮的颜色。从黄蓝值b*来看,经过干燥后的高良姜片黄色度较新鲜片均有降低,可能是由于干燥前后高良姜片体积收缩、密度变大等的变化等导致^[24-25]。从红绿值a*来看,冷冻干燥后高良姜片红色度降低,另外5种干燥方式红色度均提高,其中微波干燥的红色度最高,主要是由于微波干燥过程剧烈,局部温度急剧升高导致高良姜片内发生剧烈的呈色反应,生成了呈棕红色的物质。其次是热风、太阳、真空和自然风干,说明无论是高温作用或是暴露在空气下与氧化物接触等都可能使高良姜片色泽变红。查阅文献所得关于高良姜此红色色泽变化的研究鲜有报道,其机理尚未明确,后期可针对高良姜褐变的机理进行深入研究。

对比王兆升^[26]对鲜切生姜褐变机理的研究,可知鲜切生姜在切割后多酚氧化酶、过氧化物酶、苯丙氨酸解氨酶活性迅速增强,苯丙氨酸解氨酶的活性增强促进了鲜切生姜中酚类物质的生成,为多酚氧化酶、过氧化物酶提供了更多的底物,多酚氧化酶、过氧化物酶催化生姜中的酚类物质氧化是导致鲜切生姜褐变的主要原因;并且氧化和高温都是褐变反应的重要影响因素。因此推

断2.2节中酚类物质的减少有可能是由于高良姜切片后切断面接触空气和高温后褐变所导致的,而2.3节中红色值的增加也可能正是酚类褐变的结果。此结论是根据鲜切生姜文献推导的结果,需要进一步大量实验来验证高良姜褐变底物、褐变产物和褐变机理。

2.4 不同干燥方式高良姜片特征挥发性物质峰面积比较

表3 不同干燥方式高良姜片特征挥发性物质峰面积比较
Table 3 Comparison of volatile constituents in terms of peak area in galanga slices dried by different drying methods

主要特征香味成分	峰面积 ($\times 10^7$)						
	冷冻	自然	微波	太阳	真空	热风	新鲜
β -蒎烯 β -pinene	0.59	1.20	0.55	0.24	0.65	0.57	19.97
柠檬烯 limonene	0.15	0.10	0.37	0.10	0.23	0.16	9.71
1,8-桉叶素 1,8-cineole	18.39	5.55	8.13	7.80	24.90	23.13	231.55
芳樟醇 linalool	0.29	0.09	0.13	0.11	0.41	0.35	2.83
樟脑 camphor	1.72	0.36	0.69	0.38	2.35	2.13	10.56
石竹烯 caryophyllene	13.88	9.85	14.01	10.83	13.24	12.40	69.38
香柑油烯 bergamotene	11.44	9.16	13.35	9.78	10.36	10.22	49.13
朱桉倍半萜 valencene	2.02	1.54	2.54	1.56	1.87	1.80	9.78
金合欢烯 farnesene	47.03	38.59	61.64	39.72	51.96	53.92	274.99
γ -杜松烯 γ -cadinene	19.55	14.96	22.98	14.64	18.56	19.04	101.94
松油烯 terpinene-4-ol	1.52	0.73	0.69	0.67	1.68	1.49	12.89
α -松油醇 α -terpineol	6.50	3.65	2.89	2.75	6.46	6.34	36.14
合计	123.08	85.78	127.97	88.58	132.67	131.55	828.87

根据高良姜片SPME-GC-MS检测结果,其挥发性成分丰富挥发油含量较高,仅仪器检测到的就近百种,其他文献中也有类似报道^[19]。根据GC-MS检测结果:经干燥后高良姜片挥发性物质的含量和种类都明显减少,其他成分峰面积也有不同程度的降低。在仪器同等条件下检测到鲜样中挥发性物质104种,真空干燥后为95种、冷冻干燥后为90种,热风干燥后为89种,微波干燥后为88种,太阳干燥后为83种,自然干燥后为78种。本研究只列举其中具代表性的12种进行分析,根据表3峰面积结果可大致得出:1,8-桉叶素、金合欢烯和 γ -杜松烯峰面积较大,在干燥前后所占比重较大,含量较高,这与文献[19,26]报道结果一致,属于高良姜挥发性成分中的主要成分。这3种物质在干燥后峰面积都减少了一个数量级,说明损失较大。对比表中结果,自然风干和太阳干燥后的挥发性物质峰面积更低,其他4种干燥方式峰面积统计值差别较小。

3 结论

干燥前后活性物质中总酚和总黄酮含量差别较大,高良姜素损失较小。6种干燥过程对活性物质总酚、总

黄酮和高良姜素均有破坏作用,综合各活性物质保留率,损失程度大小依次为:自然风干>太阳晒干>微波干燥>热风干燥>真空加热干燥>冷冻干燥。干燥过程会提高高良姜片的红色度值,且红色度大小为:微波干燥>热风干燥>太阳晒干>真空加热干燥>自然风干>冷冻干燥,推测此红棕色物质与温度、空气或氧化褐变有关,此推断需要进一步实验论证。

6种干燥方式后高良姜挥发性成分的种类和含量都有明显的减少。对比12种代表性特征物质GC-MS结果:12种物质均有接近一个数量级的峰面积减少;以每种干燥方式峰面积统计来看,自然干燥和太阳干燥后的挥发性物质保留更少。

综合上述结果可推出,若单纯考虑高良姜片的内在品质欲获得高端型产品时,建议选用冷冻干燥;若考虑规模化扩大生产,且保留一定的活性物质和特征香味时,建议选用热风干燥;若考虑节约成本和环保因素时,建议采用太阳能干燥,并可建立相应的太阳能烘房以提高效率。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 270-271.
- [2] 阮微儒. 高良姜GAP关键技术与药材质量标准研究[D]. 广州: 中山大学, 2008: 1-15.
- [3] 毓静, 安汝国, 虞慧, 等. 164种中药乙醇提取物抗真菌作用研究[J]. 中草药, 2002, 33(1): 42-47. DOI:10.3321/j.issn:0253-2670.2002.01.020.
- [4] LEE S E, HWANG H J, HA J S, et al. Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity[J]. Life Science, 2003, 73: 167-179. DOI:10.1016/S0024-3205(03)00259-5.
- [5] SHIN D, KINOSHITA K, KOYAMA K. Antiemetic principles of *Alpinia officinarum*[J]. Journal of Natural Products, 2002, 65: 1315-1318. DOI:10.1021/mp020099i.
- [6] 安川宪. 高良姜的抗促癌作用[J]. 国际中医药杂志, 2003, 25(1): 53.
- [7] 吴清和, 操电群, 黄萍, 等. 高良姜超临界萃取物对应激性溃疡大鼠溃疡形成及表皮生长因子和白介素-2水平的影响[J]. 中药药理与临床, 2004, 20(6): 17-18. DOI:10.3969/j.issn.1001-859X.2004.06.010.
- [8] LI B H, TIAN W X. Presence of fatty acid synthase inhibitors in the rhizome of *Alpinia officinarum* Hance[J]. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, 2003, 18(4): 349. DOI:10.1080/1475636031000118419.
- [9] SHI J E. 5-Hydroxy-7-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-phenyl-3-heptanone: a pancreatic lipase inhibitor isolated from *Alpinia officinarum*[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2004, 27(1): 138-140. DOI:10.1248/bpb.27.138.
- [10] 操电群, 吴清和. 胃肠运动神经调节与高良姜胃肠解痉的可能途径[J]. 甘肃中医, 2004, 17(4): 7-9. DOI:10.3969/j.issn.1004-6852.2004.04.003.
- [11] 查王健. 高良姜素对支气管哮喘气道炎症的影响及机制研究[D]. 南京: 南京医科大学第一临床医学院, 2014: 14-60.
- [12] LIU D, LIU Y W, GUAN F Q, et al. New cytotoxic diarylheptanoids from the rhizomes of *Alpinia officinarum* Hance[J]. Fitoterapia, 2014, 96: 76-80. DOI:10.1016/j.fitote.2014.04.008.

- [13] AN N, ZHANG H W, XU L Z, et al. New diarylheptanoids from the rhizome of *Alpinia officinarum* Hance[J]. Food Chemistry, 2010, 119: 513-517. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.06.046.
- [14] 安宁, 杨世林, 邹忠梅, 等. 高良姜黄酮类化学成分的研究[J]. 中草药, 2006, 37(5): 663-664. DOI:10.3321/j.issn:0253-2670.2006.05.007.
- [15] 周仁超, 黄娟, 李泽恩, 等. 南药植物高良姜内生真菌群体多样性及其组织分布[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(16): 3023-3029.
- [16] 卫生部. GB 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-2.
- [17] SAXENA A, BAWA A S, RAJU P S. Phytochemical changes in fresh-cut jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs during modified atmosphere storage[J]. Food Chemistry, 2009, 115(4): 1443-1449. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.01.080.
- [18] SRICHAROEAN P, TEACHWAONGSTEIN S, CHANTHAI S. A high correlation indicating for an evaluation of antioxidant activity and total phenolics content of various chilli varieties[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(12): 8077-8085. DOI:10.1007/s13197-015-1931-z.
- [19] 张道广, 王柯, 季申. 高良姜中高良姜素含量的高效液相色谱法测定[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(12): 3177-3178. DOI:10.3969/j.issn.1008-0805.2010.12.067.
- [20] 容蓉, 邱丽丽, 张玉朋, 等. 水蒸气蒸馏提取与顶空进样GC-MS分析高良姜挥发性成分[J]. 化学分析计量, 2010, 19(4): 41-43. DOI:10.3969/j.issn.1008-6145.2010.04.013.
- [21] SUN Y J, SHEN Y, LIU D H, et al. Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits[J]. Food Science and Technology, 2015, 60: 1269-1275. DOI:10.1016/j.iwt.2014.09.001.
- [22] 常飞, 段旭昌, 王倩倩, 等. 不同干燥方法对葛根黄酮含量的影响研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 78-81. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.09.007.
- [23] FENG W H, ZHANG H H, ZHANG Y, et al. Determination of galangin in rat plasma by UPLC and pharmacokinetic study[J]. Journal of Chromatography B, 2015, 998/999: 26-30. DOI:10.1016/j.jchromb.2015.06.024.
- [24] 于静静, 毕金峰, 丁媛媛. 不同干燥方式对红枣品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(6): 610-614. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2011.06.001.
- [25] 黄建立, 黄艳, 郑宝东, 等. 不同干燥方式对银耳品质的影响[J]. 中国食品学报, 2010, 10(2): 167-173. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2010.02.025.
- [26] 王兆升. 鲜切生姜褐变机理及保鲜关键技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012: 29-48.
- [27] 高则睿, 阴耕云, 芦燕玲, 等. 高良姜的挥发性成分研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(24): 12247-12249. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2012.24.114.